

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

Japanese Patent No. 2639393
Date of Patent: May 2, 1997

Japanese Patent Application No. 62-322684
Date of Filing: December 22, 1987

Japanese Patent Application Laid-open No. 1-165808
Date of Publication of Application: June 29, 1989

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

An assembly of sound pipes 4 is formed with many sound pipes 4 each having a length equal to $1/4$ of a sound wave λ constituting a main component of noise and having a closed terminal end. This assembly is disposed on a side face of a sound insulating wall 1 to form a phase inversion structure where a sound pressure reflectance is almost -1 on a surface of the assembly of sound pipes 4 and make the sound pressure of the mouth portion of each sound pipe 4 zero, thereby improving a sound isolating effect obtained by the sound isolating wall.

SELECTED FIGURE: FIG. 2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

第2639393号

(45)発行日 平成9年(1997)8月13日

(24)登録日 平成9年(1997)5月2日

(51)Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

E01F 8/00

E01F 8/00

8/02

発明の数2(全6頁)

(21)出願番号 特願昭62-322684

(73)特許権者 999999999

科学技術振興事業団

(22)出願日 昭和62年(1987)12月22日

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(65)公開番号 特開平1-165808

(72)発明者 藤原 恭司

福岡県筑紫郡那珂川町玉塚台2-172

(43)公開日 平成1年(1989)6月29日

(74)代理人 弁理士 森下 晴信

審査官 荒井 良子

(50)参考文献 実開 昭59-38517(JP, U)

特公 昭54-42728(JP, B2)

(54)【発明の名称】 防音壁

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】壁面が、騒音の主成分をなす音波に対する音圧反射率がほぼマイナス1の位相反転構造に構成されている、防音壁。

【請求項2】前記壁面が、騒音の主成分をなす音波の波長の1/4の長さを有し終端が閉じた多数の音響管を並設した音響管の集合体によって構成されている、

特許請求の範囲第1項記載の防音壁。

【請求項3】前記音響管の集合体が壁本体の両面に設けられている、

特許請求の範囲第2項記載の防音壁。

【請求項4】壁本体の頂部に、その上縁に沿う筒状体を取り付けられ、

その筒状体が、騒音の主成分をなす音波に対する音圧反射率がほぼマイナス1の位相反転構造に構成されてい

る、
防音壁。

【請求項5】前記筒状体が、騒音の主成分をなす音波の波長の1/4の長さを有し終端が閉じた多数の音響管を放射状に配列した音響管の集合体によって構成されている、

特許請求の範囲第4項記載の防音壁。

【請求項6】前記壁本体の壁面も同様な位相反転構造に構成されている、

特許請求の範囲第4項記載の防音壁。

【発明の詳細な説明】

(産業上の利用分野)

本発明は、高速道路や高速鉄道の側面などに設けられる防音壁に関するものである。

(従来の技術)

高速道路や高速鉄道の側面には、交通騒音を遮るための防音壁が設けられている。この防音壁は、一般には音源から発される音波を反射させ、その透過を阻止するようにしたものである。

ところで、音波は回折するので、第8図に示されているように音源01と受信点02との間に薄い防音壁03を設けても、音源01から防音壁03の上縁04を越えて受信点02に至る音波を遮ることはできない。このような防音壁03の遮音能力は、第9図のグラフで表される。このグラフは、第8図のような位置関係において、音源01と防音壁上縁04との間の距離を d_0 、防音壁上縁04と受信点02との間の距離を d 、防音壁03がないときの音源01と受信点02との間の距離を r_0 として、音源01から防音壁上縁04を通して受信点02に至る距離 $d_0 + d$ と防音壁03がないときの音源01及び受信点02間の距離 r_0 との差を δ とすると、その距離差 δ と遮ろうとする音波の波長 λ との比の2倍、すなわち $N = 2\delta / \lambda$ を横軸にとり、縦軸に防音壁03があるときとないときの受信点02における音圧レベルの差をデシベル (dB) 単位でとったものである。

このグラフから明らかなように、防音壁03による遮音能力を高めるためには、距離差 δ を大きくすればよい。すなわち、防音壁03の高さを高くして、音波の回折角 α が大きくなるようにすればよい。

そこで、従来は、人家が近接している地域などでは、例えば4mを超えるような極めて高い防音壁を設けるようにしていた。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、そのように高い防音壁は、都市景観を損なうばかりでなく、運転者に対して心理的圧迫感を与えるという問題がある。また、防音壁を高くすると、大きな風圧が加えられることになるので、その強度を極めて強くすることが必要となり、建設コストが著しく増大してしまう。

防音壁の厚さを厚くすることによっても遮音能力を高めることはできるが、そのような厚い防音壁は、道路ぎわに設置するものとしては適していない。

このようなことから、近年、壁面にグラスウールやロックウール等の吸音材を貼り付けるなどにより吸音性を持たせた防音壁が見られるようになってきている。

このような吸音性を有する防音壁の遮音能力は、吸音材の音圧反射率 R と音波の回折角 α とに依存する。第10図は、そのような吸音材による遮音効果を示すグラフである。このグラフにおいて、縦軸は、反応性の防音壁に吸音材を取り付けたときの遮音量の増加分をとったものである。したがって、完全に音波を反射する防音壁の場合は、その横軸に一致する。

このグラフから明らかなように、反射率 R が小さいほど、すなわち吸音性が高いほど、遮音効果は増大する。しかしながら、回折角 α の小さい範囲においては、反射率 $R = 0$ 、すなわち音波を完全に吸収する吸音材を用い

ても、遮音量はせいぜい数dB増加するにすぎない。十分な遮音効果を得るためには、やはり回折角 α を大きくすること、すなわち防音壁を高くすることが必要となる。

このように、防音壁の壁面に吸音材を貼り付けても、それほど遮音能力は上がらない。

また、このような吸音材は、繊維質あるいは多孔質のものが普通であり、耐候性が低いので、露天下にさらされる防音壁に用いても、長期にわたってその効果を持続させることはできない。

更に、このような吸音性の防音壁でも、特に低周波の騒音は遮ることができないという問題がある。

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、その主な目的は、高さは低くても遮音能力の大きい防音壁を得ることである。

また、本発明の他の目的は、耐候性が高く、特定の周波数の音波を効果的に遮ることのできる防音壁を得ることである。

(問題点を解決するための手段)

この目的を達成するために、本発明では、防音壁を、騒音の主成分をなす音波に対する音圧反射率がほぼマイナス1の位相反転構造を有するものとして構成するようにしている。音圧反射率がマイナス1の位相反転構造とは、音圧をエネルギー的には完全反射で位相的には逆相で反射させる構造を言う。そのような位相反転構造は、例えば、騒音の主成分をなす音波の波長の1/4の長さを有し終端が閉じた音響管を多数集合させた音響管の集合体によって実現することができる。1/4波長音響管に音波が入射すると、その音波が音響管の終端で反射されて音響管の口から出るときには、1/4波長分を1往復することにより半波長だけずれる。したがって、その音響管の口の面で見ると、反射波は入射波に対してその位相が180度ずれることになる。すなわち、そのような音響管の集合体の表面は音圧反射率がほぼマイナス1の位相反転構造をなすことになる。そして、その音響管の口の部分では、入射波と反射波とが打ち消し合うので音圧がゼロとなる。すなわち、その音響管集合体の表面は音響的にソフトとなる。

そして、第1番目の発明は、防音壁の壁面をそのような位相反転構造に構成したことを特徴とし、第2番目の発明は、防音壁の頂部に取り付けられる筒上体を位相反転構造としたことを特徴としている。

(作用)

このように構成することにより、第1番目の発明の場合には、防音壁の壁面が音響的にソフトなものとなる。そして、反射率が負とされることにより、第10図に破線で示されるように、遮音量が著しく増加する。

また、第2番目の発明の場合には、防音壁の上縁における音波の回折が低減されるようになるので、第7図に実践で示されているように、遮音量が著しく増大する。

しかも、いずれの場合にも、防音壁が金属等の剛性材

のみによって形成されるので、耐候性、耐久性が問題となることはない。更に、音響管の長さ等を適宜選定することにより、特定の周波数の音波が効果的に遮られるようになるので、低周波騒音の遮音も可能となる。

(実施例)

以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

図中、第1～3図は第1番目の発明による防音壁の一実施例としての実験模型を示すもので、第1図はその全体側面図であり、第2図及び第3図はその防音壁の要部の拡大縦断側面図及び拡大正面図である。

第1図から明らかなように、この模型防音壁1は、地面に相当する大面積のコンクリートパネル2の上面に垂直に立設されている。その防音壁1の高さは280mm、幅(図の紙面に直交する方向)は2000mmとされている。

第2,3図に示されているように、この防音壁1は、壁本体をなす厚さ5mmの亚克力板3の一方の面に、肉厚1mm、直径16mmの塩化ビニル製のパイプ4を約2000本、互いに接するように並べて、その一端面を接着することによって形成されている。したがって、そのパイプ4は、先端が開放し終端が閉じた音響管となっている。そのパイプ4の長さは、設計周波数4kHzの音波の1/4波長に相当する長さとしてされている。

このような実験模型を用いて、遮音性能の測定を行った。その実験においては、第1図に示されているように、防音壁1のパイプ4によって形成されている壁面に音源Sを置き、反対側に受信器5を置いた。音源Sの位置は、防音壁1からの距離250mmでコンクリートパネル2からの高さ62.5mmとした。また、受信器5は、コンクリートパネル2からの高さは150mmで一定とし、防音壁1からの距離が100mm、200mm、300mm、500mm、700mm、1000mmの6点M1, M2, M3, M5, M7, M10に移動させた。そして、音源Sから4kHzの音波と8kHzの音波とを発生させ、受信器5により各受音点M1, M2, …, M10における相対音圧レベルを測定した。

また、比較のために、その防音壁1のパイプ4, 4, …の開放端面を亚克力板により覆って反射性の防音壁とした場合と、その防音壁1を取り払った場合とについて、それぞれ同様の実験を行った。

第4図(A)、(B)はその測定結果を示すものである。この図において、実験は本発明による防音壁1を用いた場合、一点鎖線は反射性の防音壁を用いた場合、破線は防音壁のない場合をそれぞれ示している。第4図(B)に示されている8kHzの音波の場合には、実線と鎖線とが一致している。

第4図(A)から明らかなように、音源Sから発される音波が設計周波数4kHzの場合には、本発明の音響管を備えた防音壁1とすることによって、反射性の防音壁よりも遮音能力が向上している。これは、音波の波長の1/4の長さを有し終端が閉じた音響管に移送反転の反射特性があり、そのような音響管の集合体によって形成され

た壁面の音圧反射率Rがマイナス1となることによるものである。

ただ、この実験の場合、理論的に予測されたほどの効果は得られていない。これは、パイプ4に肉厚があり、その面積が防音壁1の壁面全体の面積の23%にも及ぶため、反射波が互いに打ち消し合い、反射率Rがマイナス1の壁面として作用しなかったことによるものと考えられる。したがって、肉厚の薄い音響管とすれば、より効果が大きくなると予想される。また、この模型防音壁1のように片面を亚克力板3とすると、その面は反射性を有する壁面となる。そのために、その面による音圧レベルの減衰が得られていない。したがって、亚克力板3の両面を肉厚の薄いパイプの集合体によって覆うようにすれば、より理論値に近い遮音性能が得られるものと考えられる。

第4図(B)に示されているように、設計周波数の倍の周波数8kHzの場合には、音響管の有無による差は生じない。これは、1/4波長音響管の音圧反射率Rがプラス1になることによるものであり、理論的に予測されたとおりである。

このように、防音壁の壁面を、設計周波数の音波の波長の1/4の長さを有する音響管の集合体によって構成することにより、その設計周波数に近い周波数の音波に対する壁面の音圧反射率Rがほぼマイナス1となり、高い遮音能力を有する防音壁が実現されるようになる。

第5図及び第6図は第2番目の発明による防音壁を示すもので、第5図はその説明図であり、第6図はその具体的な構造を示す一実施例の縦断側面図である。

この図から明らかなように、この防音壁11は、壁本体12と、その壁本体12の頂部に、その上縁13に沿って取り付けられた円筒体14とによって構成されている。この円筒体14は、設計周波数の音波、すなわち遮ろうとする騒音の主成分をなす音波に対する音圧反射率Rがマイナス1となるように構成されている。

このような反射特性を有する円筒体14は、第6図に示されているように、設計周波数の音波の波長の1/4の長さを有し終端が閉じた多数の音響管15, 15, …を、放射状に配列することによって構成することができる。

壁本体12の頂部にその上縁13に沿って柱状あるいは筒状の吸音材を取り付けることにより、その上縁13における音波の回折が低減され、防音壁の遮音能力が向上することは知られている。そのような吸音材に代えて、反射率Rがマイナス1の位相反転構造を有する円筒体14を取り付けるようにすれば、防音壁11の遮音能力は飛躍的に高まるものと予想される。

そこで、音源S、受音点M、及び防音壁11の位置関係を第5図に示されているように定めて、円筒体14による遮音量の増分を理論的に求めてみる。円筒体14及び壁本体12の壁面の反射率Rがマイナス1のとき、その増分は、レベル表示して次式で与えられる。

$$c[EC]_s = c[ATT]_{s,c} - c[ATT]_{n,o}$$

ここで $c[EC]_s$ は、円筒波が入射した場合の円筒体14の効果、 $c[ATT]_{s,c}$ は、反射率 R がマイナス1の円筒体14を頂部に取り付け付けた防音壁11に円筒波が入射した

$$U_{s,c} = (\pi/6) (a/6k^2)^{1/2} \exp[ikr_s + ikr_o + 5\pi i/6] (r_s/r_o)^{-1/2} \\ \times \sum \sin(\Lambda\phi) \sin(\Lambda\theta) \exp[\Lambda\Psi] / [A'(q_m)]^2 / \sin(2\Lambda\pi) \Lambda = \\ ka + i\alpha_{s,a}$$

$$\alpha_m = \exp(-i\pi/6) (k/6a^2)^{1/2} q_m$$

$$\Psi = \cos^{-1}(a/r_o) + \cos^{-1}(a/r)$$

$$A'(q_m) = -\sqrt{(3)(3q_m)^{1/4}} \\ \times \sin[2(q_m/3)^{3/2} - \pi/4] / 3 \\ q_m \sim 3 [\pi(m-1/4)/2]^{2/3} \\ (m=1, 2, 3, \dots)$$

$$U_{n,o} = i \cdot \exp[ik(d_o + d)] \\ \{ \sec(\mu - \nu)/2 + \operatorname{cosec}(\mu + \nu)/2 \} \\ / [8\pi k \sqrt{(d_o d)}]$$

$$U_{z,r} = \exp[ikr + i\pi/4] / \sqrt{(8\pi k r a)}$$

したがって、各数値を代入することにより、 $c[EC]_s$ を求めることができる。いま、 $d_o=60\text{cm}$ 、 $d=60\text{cm}$ 、 $\mu=45^\circ$ 、 $\nu=45^\circ$ として、円筒体14の相対的大きさ ka の各値について数値計算すると、第7図に実線で示されているような結果が得られる。第7図の一点鎖線は、完全吸音性の円筒体を取り付けた場合についての同様の数値計算によって得られた推定値であり、破線は完全反射性の円筒体を取り付けた場合の値である。

第7図で縦軸のゼロは、高さが同じで円筒体を備えていない反射性の防音壁による遮音量を示している。したがって、縦軸の値は円筒体による遮音量の増分を示すことになる。

この図から明らかなように、反射性の円筒体より吸音性の円筒体の方が遮音量の増加が大きく、更に、吸音性の円筒体より反射率 R がマイナス1の円筒体14の方がはるかに大きな遮音量の増加をもたらす。

壁本体12の壁面が反射性のものである場合にも、このような円筒体14を取り付けることによって、遮音量がかなり増加するものと推定される。

なお、この実施例においては、壁本体12の頂部に付ける物体を円筒体14としているが、この物体は必ずしも円筒状でなくてもよく、角筒状等、任意の筒状とすることができる。

また、第1～3図及び第6図の実施例における反射率マイナス1の音響管も、必ずしも円筒状とする必要はなく、角筒状のものやハニカムコア等を用いるようにして

場合の遮音量、 $c[ATT]_{n,o}$ は、反射性を有する薄い防音壁に円筒波が入射した場合の遮音量である。そして、

$$c[ATT]_{s,c} = 20 \log_{10} |U_{s,c}/U_{ci}|$$

$$c[ATT]_{n,o} = 20 \log_{10} |L_{n,o}/U_{ci}|$$

もよい。

そして、このような防音壁1あるいは11は、金属等のようなエネルギー反射率が1の剛性材のみによって構成することができるので、天候によってその効果が左右されることもなく、耐久性の高いものとすることができる。

また、音響管の長さを適宜選定することにより、特定の周波数の遮音量を増大させることができる。したがって、音響管にある程度の長さを持たせれば、低周波の騒音を効果的に遮る防音壁とすることもできる。

(発明の効果)

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、防音壁に音圧反射率がほぼマイナス1の位相反転構造を持たせるようにしているので、その防音壁が剛性材によって構成されていても音響的にソフトとなり、極めて高い遮音能力を有する防音壁とすることができる。そして、そのように剛性材によって構成することができるので、その防音壁は耐候性、耐久性に優れたものとなる。

また、設計により、任意の周波数の遮音量を特に増大させることができるので、低周波用の防音壁として適したものとすることも可能となる。

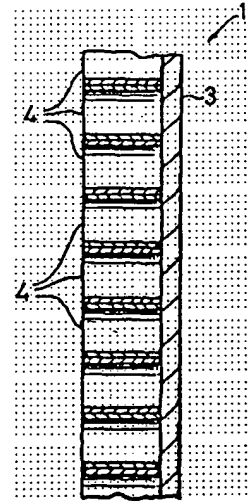
しかも、既存の防音壁にパイプ等を接合するだけで形成することができるので、その建設費も安価に抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

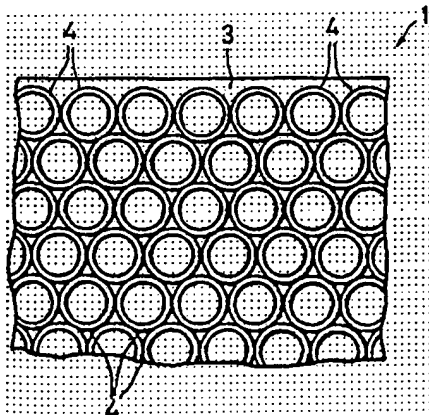
第1図は、本発明による防音壁の一実施例としての実験模型を示す全体構造の側面図、

M……受音点

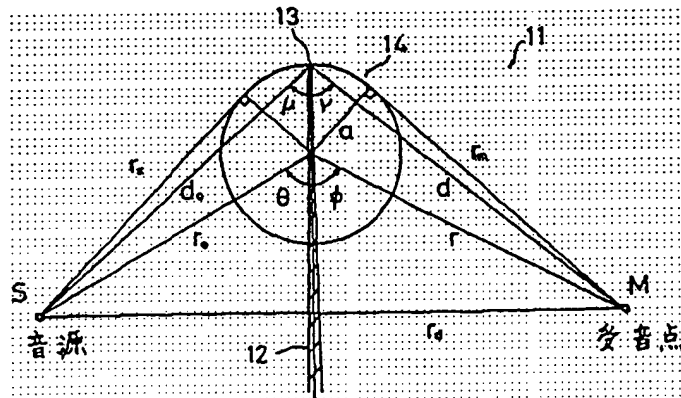
【第2図】



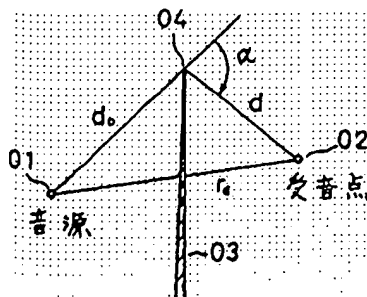
【第3図】



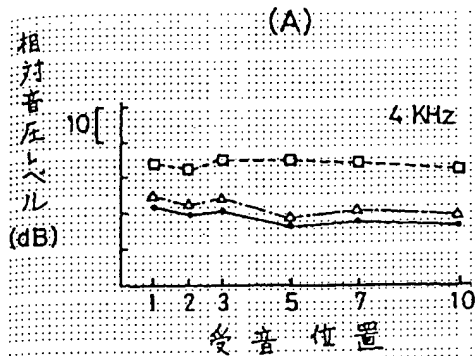
【第5図】



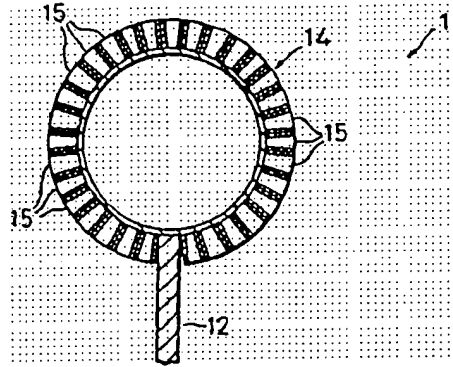
【第8図】



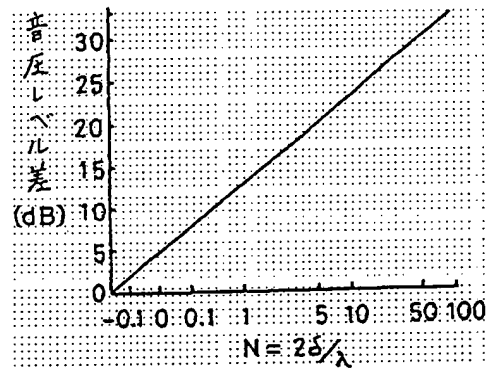
【第4図】



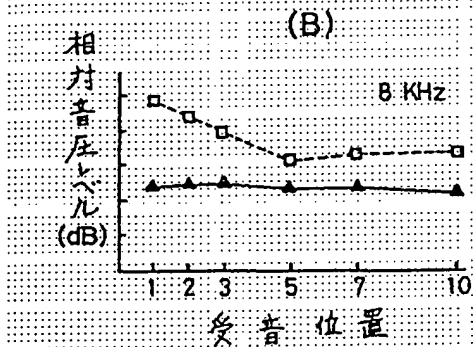
【第6図】



【第9図】



【第7図】



【第10図】

